

**ANALISIS LOGAM TIMBAL (Pb) PADA *Gracilaria verrucosa* YANG  
BERASAL DARI AREAL BUDIDAYA RUMPUT LAUT DI PERAIRAN  
DUSUN PUNTONDO, KABUPATEN TAKALAR DAN PANTAI KURI  
CA'DI, KABUPATEN MAROS**

---

**SKRIPSI**

---



**NAOMI PAKAMBANAN**

**L 111 12 253**

**DEPARTEMEN ILMU KELAUTAN  
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2016**

**ANALISIS LOGAM TIMBAL (Pb) PADA *Gracilaria verrucosa* YANG  
BERASAL DARI AREAL BUDIDAYA RUMPUT LAUT DI PERAIRAN  
DUSUN PUNTONDO, KABUPATEN TAKALAR DAN PANTAI KURI  
CA'DI, KABUPATEN MAROS**

**Oleh :**

**NAOMI PAKAMBANAN**

**L111 12 253**

*Skripsi Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana pada  
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin*



**DEPARTEMEN ILMU KELAUTAN  
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2016**

## ABSTRAK

**NAOMI PAKAMBANAN (L111 12 253)** “Analisis Logam Timbal (Pb) Pada *Gracilaria verrucosa* yang berasal dari Areal Budidaya Rumput Laut di Perairan Dusun Puntondo, Kabupaten Takalar Dan Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros” di bawah bimbingan Ibu **Dr. Ir.Shinta Werorilangi.,M.Sc** sebagai Pembimbing Utama dan Ibu **Dr. Inayah Yasir.,M.Sc** sebagai Pembimbing Anggota.

---

---

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan konsentrasi logam Pb pada thallus makroalga *Gracilaria verrucosa* dan *Bioconcentration Factor* (BCF) yang dibudidayakan di tambak Dusun Puntondo, Kabupaten Takalar dengan makroalga *Gracilaria verrucosa* yang tumbuh alami di perairan Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2016 di Perairan Dusun Puntondo dan Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros. Pengukuran konsentrasi logam Pb pada kolom air dan sampel makroalga *Gracilaria verrucosa* menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Data konsentrasi logam Pb pada kedua lokasi penelitian dianalisis menggunakan *Independent Samples T Test* untuk melihat adanya perbedaan di antara kedua lokasi dan didukung dengan pengukuran parameter lingkungan seperti suhu, salinitas, pH, dan DO.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kandungan logam Pb pada *G. verrucosa* di masing-masing lokasi penelitian. Konsentrasi logam Pb yang ditemukan di kolom perairan Dusun Puntondo dan Pantai Kuri Ca'di telah melebihi standar batas perairan yaitu  $>0,008$  ppm sedangkan pada *G. verrucosa* masih dalam kategori aman untuk dikonsumsi ( $< 0,5$  ppm).

**Kata Kunci :** *Kandungan Logam Timbal (Pb), G. verrucosa, Dusun Puntondo, Pantai Kuri Ca'di*

**HALAMAN PENGESAHAN**

Judul Skripsi : Analisis Logam Timbal (Pb) pada *Gracilaria verrucosa*  
yang Berasal dari Areal Budidaya Rumput Laut di  
Perairan Dusun Puntondo, Kabupaten Takalar dan Pantai  
Kuri Ca'di, Kabupaten Maros

Nama Mahasiswa : Naomi Pakambanan

Nomor Pokok : L111 12 253

Program Studi : Ilmu Kelautan

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing Utama

**Dr. Ir. Shinta Werorilangi, M. Sc**

NIP. 19670826 199103 2 001

Pembimbing Anggota

**Dr. Inayah Yasir, M.Sc**

NIP. 19661006 199202 2 001

Mengetahui,



PLH Dekan,  
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan

**Dr. Ir. St. Aisjah Farhum, M.Si.**

NIP. 19690605 199303 2 002



Ketua Program Studi  
Ilmu Kelautan

**Dr. Mahatma Lanuru, ST. M.Sc.**

NIP. 19701029 199503 1 001

Tanggal Lulus : 10 November 2016

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala berkat dan Anugerah-Nya yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi. Skripsi ini berjudul **Analisis Logam Timbal (Pb) pada *Gracilaria verrucosa* yang Berasal dari Areal Budidaya Rumput Laut di Perairan Dusun Puntondo, Kabupaten Takalar Dan Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros**, sebagai tugas akhir untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Skripsi ini tentu masih jauh dari kesempurnaan mengingat keterbatasan kemampuan penulis, namun semoga skripsi ini dapat memberikan sumbangsih yang positif bagi kita semua.

Makassar, 10 November 2016

Penulis,

**Naomi Pakambanan**

## UCAPAN TERIMA KASIH

Awal penelitian hingga penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari peran berbagai pihak yang sudah memberikan saran, motivasi, doa, dan bantuan materi sehingga selesainya skripsi ini. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Ayahanda tercinta **Kasi' Pakambanan** dan Ibunda tercinta **Sarce L. Palayukan**, yang selama ini membimbing, mendoakan, dan memberikan dorongan selama masa studi.
2. Ibu **Dr. Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc** selaku pembimbing utama dan Ibu **Dr. Inayah Yasir, M.Sc** selaku pembimbing anggota yang telah banyak membantu dalam berbagai hal terlebih untuk waktu di sela-sela kesibukan yang telah diluangkan bagi penulis untuk berkonsultasi, memberikan saran, dan motivasi dalam penyelesaian skripsi.
3. Bapak **Dr. Khairul Amri, ST., M.Sc. Stud**, Ibu **Dr. Rantih, ST., M.Sc**, dan Bapak **Wasir Samad. S.Si., M.Si., Ph.D** selaku dosen penguji yang telah menguji, memberikan tanggapan, dan saran untuk penyempurnaan skripsi ini.
4. Ibu **Dr. Rantih, ST., M.Sc** sebagai penasehat akademik, yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan sehingga penulis dapat menjalani perkuliahan dengan baik.
5. Bapak **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc** selaku Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan dan Bapak **Dr. Mahatma Lanuru, ST., M.Sc** selaku Ketua Departemen Ilmu Kelautan atas segala arahan, dari penulis mengawali pendidikan di kampus hingga menulis tugas akhir.

6. Seluruh **Staf Dosen** dan **Pegawai Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan** yang telah memberikan masukan, terutama ilmu dan bantuan selama penulis menempuh studi hingga akhir.
7. Kakak dan adik-adik saya, **Maru Rantetondok, Elsy Pakambanan, S.Pd, Afryanto Pakambanan**, dan **Natalia Pakambanan** yang telah memberi semangat tersendiri untuk terus semangat melewati hari-hari penuh tantangan. Ibu terkasih **Esther Gau' Pakambanan** selaku ibu angkat yang tak henti-hentinya memberikan semangat, cinta kasih, dan doa selama ini.
8. Rekan seperjuanganku dalam penelitian ini, **Khusnul Khatimah** yang dari awal penelitian hingga akhir penulisan skripsi ini terus menemani dan membantu dan juga **Kak Asirwan** yang banyak membantu dalam penulisan.
9. Teman-teman **PERMAKRIS** yang telah memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
10. Saudara dan saudariku **IK ANDALAS 2012** atas dukungan dan kebersamaan yang terjalin selama di kampus ini.
11. Keluarga Besar **Himpunan Mahasiswa Ilmu Kelautan (HMIK) Universitas Hasanuddin**.
12. Sahabat-sahabatku: **Loria, Sry Ayuwandira, Laurensia, Miriam, Sri**, dan **Edwardo**. Terimakasih atas semangat, doa dan persahabatan yang telah terjalin selama bertahun-tahun. God bless
13. Semua pihak yang membantu tapi tidak sempat disebutkan satu persatu, terima kasih atas untuk segala bantuannya.

Akhir kata penulis dengan kerendahan hati mempersembahkan skripsi ini, semoga skripsi ini bias memberikan manfaat dan semoga Tuhan Yang Maha Esa

membalas semua bentuk kebaikan dan ketulusan yang telah diberikn oleh semua pihak kepada penulis.



## RIWAYAT HIDUP



**Naomi Pakambanan** dilahirkan di Marante, Toraja Utara, 08 Oktober 1993. Putri kedua dari pasangan Kasi' Pakambanan dan Sarce L. Palayukan. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di Sekolah Dasar Negeri No. 80 La'bo' tahun 2006, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 2 Rantepao tahun 2009, Sekolah Menengah Atas (SMA) Kristen Rantepao tahun

2012, dan pada tahun yang sama pula diterima di Departemen Ilmu Kelautan melalui jalur Seleksi Mahasiswa Perguruan Tinggi Negeri (SMPTN).

Selama masa studi di Ilmu Kelautan penulis pernah menjadi asisten mata kuliah di dua mata kuliah, yaitu Vertebrata Laut dan Ikhtiologi. Di bidang keorganisasian, penulis aktif menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Ilmu Kelautan (HMIK), Koordinator bidang di Persekutuan Mahasiswa Kristen (PERMAKRIS-IK UH) periode 2014/2015, dan Bendahara Senator di Keluarga Mahasiswa Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan (KEMA FIKP UH) periode 2014/2015.

Pada tahun 2015 penulis melaksanakan kegiatan kuliah Kerja Nyata di Desa Lumpangang Kecamatan Pajukukang Kabupaten Bantaeng. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan penulis menyusun skripsi dengan judul “**Analisis Logam Timbal (Pb) pada *Gracilaria verrucosa* yang Berasal dari Areal Budidaya Rumput Laut di Perairan Dusun Puntondo, Kabupaten Takalar Dan Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros**”.

## DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL .....	ii
ABSTRAK.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KATA PENGANTAR .....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
RIWAYAT HIDUP .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
I. PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan dan Kegunaan .....	3
C. Ruang Lingkup .....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	4
A. <i>Gracilaria verrucosa</i> .....	4
B. Logam Berat.....	7
1. Logam Timbal (Pb) .....	10
2. Proses Masuknya Logam Timbal dalam Tubuh Manusia dan efek Toksisitasnya .....	12

C. Toksisitas Logam Berat Terhadap Ganggang <i>Gracilaria verrucosa</i> .....	13
D. Lokasi Pengambilan Rumput Laut <i>Gracilaria verrucosa</i> .....	15
2. Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros .....	16
III. METODE PENELITIAN .....	17
A. Waktu dan Lokasi Penelitian .....	17
B. Alat dan Bahan .....	18
C. Prosedur Penelitian .....	19
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	27
A. Parameter Oseanografi .....	27
B. Kandungan logam Pb pada <i>G. verrucosa</i> , Air dan Faktor Biokonsentrasi (BCF) .....	30
V. KESIMPULAN DAN SARAN .....	36
A. Kesimpulan .....	36
B. Saran .....	36
DAFTAR PUSTAKA .....	37

**DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Standar Baku Mutu Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) di Air.....	12
--	----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. <i>Gracilaria verrucosa</i> .....	5
Gambar 2. Proses yang terjadi apabila logam berat masuk ke lingkungan laut....	9
Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian.....	17
Gambar 4. Skema prosedur penelitian.....	26
Gambar 5. Parameter oseanografi di lokasi penelitian .....	27
Gambar 6. Nilai rata-rata faktor biokonsentrasi <i>G. verrucosa</i> terhadap logam Pb pada penelitian .....	31
Gambar 7. Nilai rata-rata kandungan logam Pb pada air laut pada stasiun penelitian .....	32
Gambar 8. Nilai rata-rata faktor biokonsentrasi <i>G. verrucosa</i> terhadap logam Pb pada stasiun penelitian .....	34
Gambar 9. Pengambilan sampel makroalga <i>G. verrucosa</i> di areal tambak dusun Puntondo, Kabupaten Takalar .....	44
Gambar 10. Pengambilan sampel makroalga <i>G. verrucosa</i> di Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros .....	45
Gambar 11. Pengambilan data parameter lingkungan di Dusun Puntondo, Kabupaten Takalar .....	46
Gambar 12. Pengambilan data parameter lingkungan di Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros .....	47
Gambar 13. Preparasi sampel .....	48
Gambar 14. Analisis sampel air dan makroalga.....	48

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Penelitian.....	41
Lampiran 2. Hasil uji <i>Independent Samples T Test</i> .....	42
Lampiran 3. Foto-Foto Pengambilan Sampel di Lapangan .....	44
Lampiran 4. Foto preparasi dan Analisis Sampel.....	48
Lampiran 5. Standar baku mutu logam timbal (Pb) pada air laut menurut keputusan menteri lingkungan hidup nomor 51 tahun 2004 .....	49

## **I. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Sulawesi Selatan memiliki wilayah perairan laut yang cukup luas, memiliki panjang pantai sekitar 2.500 km dengan potensi sumberdaya perikanan tangkap yang besar, potensi berbagai jenis ikan yang mempunyai nilai ekonomis yang tinggi, dan sumberdaya hayati laut lainnya yang cukup banyak (Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Selatan, 2007).

Di beberapa daerah di Sulawesi Selatan khususnya di Takalar dan Maros sebagian besar penduduknya yang hidup di pesisir laut memiliki mata pencaharian sebagai nelayan. Sumberdaya hayati laut pada kedua daerah ini tergolong tinggi. Namun seiring dengan bertambahnya penduduk yang bermata pencaharian sebagai nelayan maka sumberdaya yang ada di laut menjadi semakin berkurang akibatnya nelayan menjadi semakin kesulitan mencari ikan, butuh keluar jauh untuk menangkap ikan tetapi bukan perkara yang mudah karena membutuhkan pengeluaran yang lebih untuk bahan bakar kapal (Jamal, 2014). Hal ini menjadi bahan pertimbangan bagi para nelayan untuk mencari alternatif lain guna menunjang kelangsungan hidup. Budidaya rumput laut menjadi daya tarik bagi nelayan dengan alasan modal yang dibutuhkan tidak besar karena pemeliharaan rumput laut tergolong mudah dan tidak membutuhkan dana yang besar.

Afrianto dan Liviawati (1993) menyatakan bahwa rumput laut merupakan salah satu sumber daya hayati laut yang memiliki potensi kandungan bahan pangan dan bahan farmasi yang cukup potensial dan merupakan komoditi yang bernilai ekonomis karena sangat dibutuhkan oleh manusia serta sering digunakan sebagai bahan baku industri.

*Gracilaria verrucosa* adalah ganggang merah (*rhodophyta*) yang termasuk tumbuhan *thallophyta* (Bold dan Wynne, 1978). Jenis rumput laut ini paling banyak digunakan menghasilkan produksi agar karena mudah diperoleh, harganya terjangkau dan juga lebih mudah dalam proses ekstraksi. Jenis ini mengandung gel agar yang cukup dominan pada thallusnya. Selain itu *Gracilaria verrucosa* memiliki kualitas agarosa dan agaroptin yang cukup baik sehingga dapat menghasilkan gel agar yang kuat dan kokoh bila dibandingkan dengan hasil ekstraksi dari *Gelidium* (Winarno, 1990).

Budidaya *G. verrucosa* pada umumnya dilakukan dengan memanfaatkan empang kosong dengan metode sistem tebar dasar seperti yang dilakukan oleh nelayan di Dusun Puntondo. Tambak yang digunakan merupakan tambak bekas budidaya ikan. Selama proses budidaya ikan di dalam tambak tersebut, dilakukan pemberian pupuk anorganik. Proses pemberian pupuk anorganik tersebut dapat mengakibatkan sisa-sisa bahan kimia yang tidak terpakai mengendap di dalam tambak. Hal ini dapat terjadi bila tambak budidaya memiliki sirkulasi air yang tidak lancar sehingga proses pengenceran air sangat kecil. Lokasi tambak yang berada dekat dengan sarana transportasi dan pemukiman juga menjadi sumber pencemar bagi tambak tersebut khususnya pencemaran logam berat jenis timbal (Pb) dari proses pembakaran bahan bakar oleh kendaraan. Berbeda hal dengan di laut yang dipengaruhi oleh proses pengenceran.

Organisme baik tumbuhan maupun hewan yang ada di dalam perairan dapat mengakumulasi logam berat ke dalam organ tubuh, seperti pada rumput laut jenis *G. verrucosa* yang memiliki kemampuan menyerap dan mengakumulasi logam Pb di thallusnya. Logam Pb diketahui memiliki waktu paruh yang panjang dalam tubuh organisme hidup dan umumnya terakumulasi di dalam hepar dan



ginjal (Patrick, 2003). Pada manusia, logam timbal dapat bersifat karsinogenik, merusak kelenjar endokrin dan sistem kardiovaskular. Apabila tertimbun pada sistem saraf dalam waktu yang cukup lama, akan dapat memicu kerusakan neurologis dan berasosiasi dengan kanker paru-paru, prostat, pankreas dan ginjal (Flora, *et al.*, 2008).

Berdasarkan uraian tersebut maka perlu dilakukan penelitian tentang kandungan logam timbal (Pb) pada rumput laut *G. verrucosa* yang telah dibudidayakan di tambak Dusun Puntondo, Kabupaten Takalar. Sebagai pembanding dilakukan pula analisis kandungan logam Pb pada *G. verrucosa* yang hidup alami di perairan Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros.

## **B. Tujuan dan Kegunaan**

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan konsentrasi logam Pb pada thallus makroalga *Gracilaria verrucosa* dan *Bioconcentration Factor* (BCF) yang dibudidayakan di tambak Dusun Puntondo, Kabupaten Takalar dengan makroalga *Gracilaria verrucosa* yang tumbuh alami di perairan Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi informasi dasar dan menjadi bahan pertimbangan dalam pemberian rekomendasi kepada pemerintah dan masyarakat umum mengenai layak atau tidaknya dari kedua tempat tersebut untuk dikonsumsi.

## **C. Ruang Lingkup**

Ruang lingkup penelitian ini adalah mengukur kadar logam timbal (Pb) pada makroalga *Gracilaria verrucosa* dan juga di air untuk mengetahui *Bioconcentration Factor* (BCF) yang berasal dari areal budidaya rumput laut di Dusun Puntondo, Kabupaten Takalar dan Perairan Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros. Data pengukuran parameter oseanografi yang meliputi salinitas, DO, pH, dan suhu.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. *Gracilaria verrucosa*

*Gracilaria verrucosa* adalah ganggang merah (*rhodophyta*) yang termasuk tumbuhan *thallophyta* karena sel-selnya belum mengalami diferensiasi sehingga 'akar', 'batang', dan 'daun'-nya tidak berfungsi sebagaimana pada tumbuhan tingkat tinggi. Thallus *G. verrucosa* menyerupai silinder, licin, berwarna merah ungu kehijau-hijauan, tersusun oleh jaringan yang kuat, memiliki percabangan tidak beraturan karena memusat dibagian pangkal, terdiri dari cabang-cabang lateral memanjang menyerupai rambut dengan ukuran panjang berkisar 15-30 cm (Ditjenkanbud, 2009).

Ganggang ini hidup melekat pada substrat, dengan holdfast. Substrat yang baik untuk pertumbuhannya adalah batu-batuan, karang mati, kayu, kulit kerang atau hidup menempel dengan alga lainnya (Bold dan Wynne, 1978). Seluruh permukaan thallus memiliki fungsi yang sama untuk menyerap unsur hara dari lingkungannya. Karena penyerapan unsur yang berada di lingkungan hidupnya tidak selektif, maka kemungkinan ikut terserapnya bahan pencemar yang ada di perairan cukup tinggi.

Menurut Dawes (1981), *Gracilaria verrucosa* mempunyai taksonomi sebagai berikut :

Divisio	: Rhodophyta
Classis	: Rhodophyceae
Ordo	: Gigartinales
Familia	: <i>Gracilariaceae</i>
Genus	: <i>Gracilaria</i>
Species	: <i>Gracilaria verrucosa</i>



Gambar 1. *Gracilaria verrucosa*  
(Naomi, 2016)

*Gracilaria* merupakan rumput laut yang dapat menghasilkan senyawa metabolit primer berupa senyawa hidrokoloid yang disebut agar. Agar adalah hidrokoloid rumput laut yang memiliki kekuatan gel sangat kuat (Anggadiredja *et al.*, 2006). Agar merupakan senyawa ester asam sulfat dari senyawa galaktan, tidak larut dalam air dingin, tetapi larut dalam air panas dengan membentuk gel. Senyawa agar ini dihasilkan dari proses ekstraksi rumput laut kelas *Rhodophyceae*, terutama genus *Gracilaria*, *Gelidium*, *Pterocladia*, *Acanthopeltis* dan *Ceramium*. Pada industri makanan, agar berfungsi sebagai pengental dan pembentuk gel (Anggadiredja *et al.*, 2006). *G. verrucosa* merupakan jenis makroalga laut yang paling banyak digunakan dalam produksi agar. Hal ini karena *G. verrucosa* mudah diperoleh, harganya terjangkau dan juga lebih mudah dalam proses pengolahannya. Jenis ini berperan cukup dominan dalam pembentukan gel agar pada saat ekstraksi. Selain itu *G. verrucosa* memiliki kandungan agarosa dan agaropectin yang cukup baik sehingga dapat menentukan kekuatan gel agar yang kuat dan kokoh dibandingkan dengan hasil ekstraksi dari *Gelidium* (Winarno, 1990).

Selain fungsi ganggang *Gracilaria* sebagai penghasil gel agar, ganggang ini juga dapat berfungsi sebagai biosorben karena memiliki kemampuan menyerap bahan pencemar di dalam perairan, salah satunya adalah logam berat. Berbagai spesies alga terutama dari golongan alga hijau (*Chlorophyta*) baik dalam keadaan hidup (sel hidup) maupun dalam bentuk sel mati (biomassa), dan biomassa terimmobilisasi telah mendapat perhatian untuk digunakan dalam mengabsorpsi ion logam. Alga dalam keadaan hidup dimanfaatkan sebagai bioindikator pencemaran logam berat di lingkungan perairan. Dalam bentuk biomassa dan biomassa terimmobilisasi dimanfaatkan sebagai biosorben (material biologi penyerap logam berat) dalam pengelolaan air limbah (Baharuddin, 2013).

Keberhasilan pertumbuhan dan penyebaran rumput laut sangat bergantung pada faktor-faktor biotik dan abiotik yang berada di sekitar ekosistem dimana rumput laut berada. Secara umum, rumput laut dapat tumbuh di daerah perairan yang dangkal (intertidal dan sublitoral) dengan kondisi dasar perairan berpasir, berlumpur, atau campuran keduanya. Rumput laut juga memiliki sifat *benthic* yang melekatkan thallusnya pada substrat. Faktor-faktor lingkungan budidaya yang memengaruhi pertumbuhan rumput laut yaitu temperatur, cahaya, kekeruhan, substrat, salinitas, derajat keasaman (pH), unsur hara, oksigen terlarut (DO), gerakan air, dan pasang surut.

Wilayah penyebaran alami *Gracilaria* di Indonesia meliputi Sulawesi Selatan (Jeneponto, Takalar, Sinjai, Bulukumba, Wajo, Palopo, Bone, dan Maros), Sulawesi Tenggara dan Sumbawa Barat. Daerah budidaya *Gracilaria* terdapat di Sulawesi Selatan, Lombok Barat, Sumbawa, Pantai Utara Jawa, Serang, Lamongan, dan Sidoarjo (Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, 2009).

## B. Logam Berat

Logam merupakan unsur alam yang bersumber dari laut, erosi batuan, vulkanisme dan sebagainya (Clark, 1986). Golongan logam umumnya memiliki daya hantar dan daya panas yang tinggi. Berdasarkan densitasnya logam dibagi atas dua golongan, yaitu golongan logam ringan (*light metal*) dengan densitas  $< 5 \text{ g/cm}^3$ , dan logam berat (*heavy metal*) dengan densitas  $> 5 \text{ g/cm}^3$  (Hutagalung dan Riyono, 1997).

Menurut Darmono (1995) sifat logam berat sangat unik, tidak dapat dihancurkan secara alami dan cenderung terakumulasi dalam rantai makanan melalui proses biomagnifikasi. Pencemaran logam berat ini menimbulkan berbagai masalah diantaranya dengan estetika (perubahan bau, warna dan rasa air), berbahaya bagi kehidupan tanaman dan binatang, berbahaya bagi kesehatan manusia, dan menyebabkan kerusakan pada ekosistem.

Karakteristik logam berat menurut Palar (2004) adalah: memiliki spesifikasi gravitasi yang sangat besar ( $4 \text{ gr/cm}^3$ ), mempunyai nomor atom 23-34 dan 40-50 serta unsur lantanida dan aktanida, dan mempunyai respon biokimia (spesifik) pada organisme hidup.

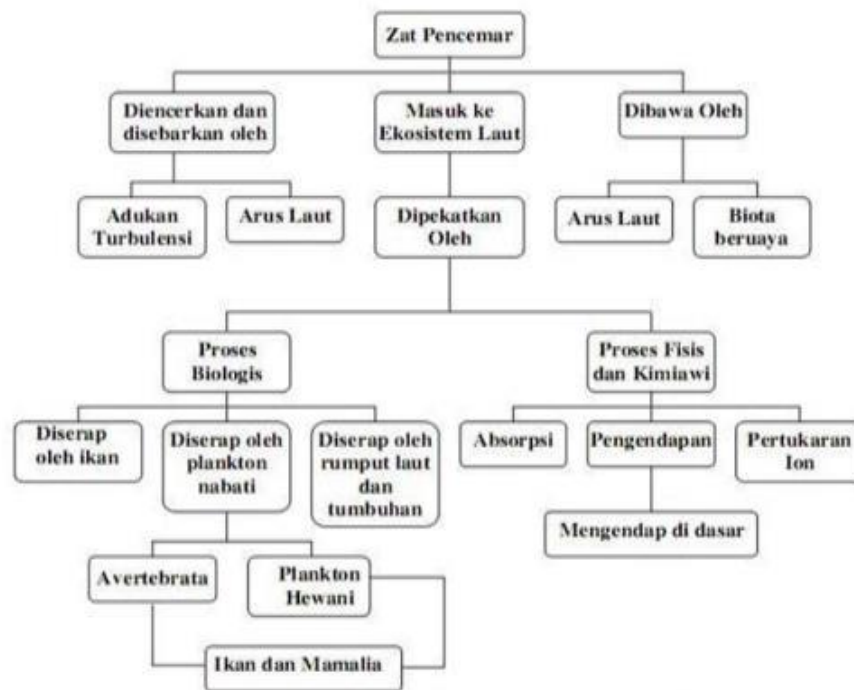
Menurut Bryan (1976) secara umum sumber pencemaran logam berat di laut dapat dibagi menjadi dua yaitu:

1. Logam berat yang masuk ke perairan laut secara alami, berasal dari tiga sumber yaitu:
  - a) Masukan dari daerah pantai (*coastal supply*) yang berasal dari sungai-sungai dan hasil abrasi pantai oleh aktivitas gelombang.
  - b) Masukan dari laut dalam (*deep sea supply*) meliputi logam-logam yang dibebaskan oleh aktivitas gunung berapi di laut dan logam-logam yang dibebaskan dari partikel/sedimen-sedimen dari proses kimiawi.

- c) Masukan dari lingkungan dekat daerah pantai, termasuk logam-logam dari atmosfer sebagai partikel-partikel debu.
- 2. Sumber buatan manusia (antropogenik) umumnya berasal dari aktivitas manusia, seperti limbah dan buangan industri, limbah cair perkotaan, aktivitas perkapalan (pelayaran), aktivitas pertanian, cairan limbah rumah tangga, aktivitas pertambangan, dan perikanan budidaya.

Dalam perairan, logam berat dapat ditemukan dalam bentuk terlarut dan tidak terlarut. Logam berat terlarut adalah logam yang membentuk kompleks dengan senyawa organik dan anorganik. Logam berat yang tidak terlarut merupakan partikel-partikel yang berbentuk koloid dan senyawa kelompok metal yang teradsorpsi pada partikel-partikel yang tersuspensi (Razak, 1980 *dalam* Erlangga 2007). Logam berat yang dilimpahkan ke perairan, baik di sungai maupun laut akan dipindahkan dari badan air melalui beberapa proses seperti: pengendapan, adsorpsi dan absorpsi oleh organisme perairan (gambar 2). Logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik, mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen. Hal ini menyebabkan kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air (Harahap, 1991).

Keberadaan logam berat di perairan akan dapat membahayakan kehidupan biota laut, tumbuhan, dan manusia baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat diantaranya sulit didegradasi sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan secara alami sulit terurai/dihilangkan.



Gambar 2. Proses yang terjadi apabila logam berat masuk ke lingkungan laut (Hutagalung, 1991)

Logam berat sangat berbahaya bagi tumbuhan, organisme laut, dan manusia. Menurut Lepp (1981) logam berat yang diserap oleh tumbuhan akan memberikan efek buruk apabila kepekatannya berlebihan. Pengaruh yang ditimbulkan antara lain adanya penurunan pertumbuhan dan produktivitas tumbuhan serta kematian. Penurunan pertumbuhan dan produktivitas pada banyak kasus menyebabkan tumbuhan menjadi kerdil dan klorosis karena batas toksisitas pada daun berbeda-beda tergantung jenis tumbuhannya.

Pada tubuh organisme, logam berat yang masuk ke dalam tubuh akan masuk ke dalam pembuluh darah, selanjutnya berikatan dengan protein darah, kemudian didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh. Tingkat akumulasi logam tertinggi biasanya ditemukan di organ detoksikasi dalam hal ini hati dan ekskresi (ginjal). Di dalam kedua jaringan organ tersebut biasanya logam juga berikatan dengan berbagai jenis protein baik enzim maupun protein lain yang disebut metalotionein.

Kerusakan jaringan oleh logam dapat terjadi di lokasi tempat masuknya logam maupun di tempat penimbunan. Akibat yang ditimbulkan dari toksisitas logam dapat berupa kerusakan fisik (erosi, degenerasi, nekrosis), gangguan fisiologi seperti gangguan fungsi enzim dan gangguan metabolisme (Darmono, 1995). Pada manusia logam berat yang masuk ke dalam tubuh manusia masuk melalui rantai makanan, inhalasi, maupun penetrasi melalui kulit. Logam berat yang masuk ke dalam tubuh manusia akan berpotensi untuk merusak organ tubuh.

### 1. Logam Timbal (Pb)

Timbal dikenal pula dengan nama timah hitam. Dalam bahasa ilmiahnya dinamakan Plumbum yang disimbolkan dengan Pb. Timbal mempunyai nomor atom 82 dengan berat atom 207,20. Titik leleh timbal adalah  $1740^{\circ}\text{C}$ , memiliki massa jenis  $11,34 \text{ g/cm}^3$ , dapat menguap dan membentuk oksida di udara dalam bentuk timbal oksida ( $\text{PbO}$ ).

Kadar Pb secara alami dapat ditemukan dalam bebatuan sekitar 13 mg/kg, dan khusus Pb yang tercampur dengan batuan fosfat dan terdapat di batuan pasir (*sand stone*) kadarnya lebih tinggi yaitu 100 mg/kg. Pb yang terdapat di tanah berkadar sekitar 5 -25 mg/kg dan di air bawah tanah (*ground water*) berkisar antara 1- 60  $\mu\text{g/liter}$ . Secara alami Pb juga ditemukan di air permukaan, misalnya di telaga dan sungai berkisar 1 -10  $\mu\text{g/liter}$ , sedangkan di laut kadarnya lebih rendah dari dalam air tawar. Secara alami Pb juga ditemukan di udara yang kadarnya berkisar antara 0,0001 - 0,001  $\mu\text{g/m}^3$  (Sudarmaji, et al., 2006)..

Adapun sifat Logam Timbal (Pb) sebagai berikut:

- a. Merupakan logam yang lunak, sehingga dapat dipotong dengan menggunakan pisau atau tangan dan dapat dibentuk dengan mudah.



- b. Tahan terhadap korosi atau karat, sehingga logam timbal sering digunakan sebagai coating.
- c. Titik lebur rendah, hanya 327,5 °C
- d. Merupakan penghantar listrik yang tidak baik.
- e. Mempunyai kerapatan yang lebih besar dibandingkan dengan logam-logam biasa, kecuali emas dan merkuri.

Logam Pb banyak digunakan pada industri baterai, kabel, cat (sebagai zat pewarna), penyepuhan, pestisida, dan yang paling banyak digunakan sebagai zat anti letup pada bensin. Pb juga digunakan sebagai zat penyusun patri atau solder dan sebagai formulasi penyambung pipa yang mengakibatkan air untuk rumah tangga mempunyai banyak kemungkinan kontak dengan Pb. Kadar ini dapat meningkat jika terjadi peningkatan limbah yang mengandung logam berat masuk ke dalam laut. Limbah ini dapat berasal dari aktivitas manusia di laut yang berasal dari pembuangan sampah kapal-kapal, penambangan, pembuangan limbah dari darat seperti limbah perkotaan, pertambangan, pertanian dan perindustrian (Darmono,1995).

Menurut Rompas (2010) timbal termasuk polutan di laut yang sangat berbahaya, tidak hanya bagi biota perairan, tetapi akan berdampak bagi manusia yang memakannya. Timbal tidak dapat terurai melalui biodegradasi seperti pencemar organik dan dapat terakumulasi.

Organisme yang terkontaminasi logam berat Pb dengan konsentrasi rendah biasanya tidak mengalami kematian, tetapi akan mengalami pengaruh sublethal, yaitu pengaruh yang terjadi pada organisme tanpa mengakibatkan kematian pada organisme tersebut. Pengaruh sublethal ini dapat dibedakan atas tiga macam, yaitu menghambat (misalnya pertumbuhan dan perkembangan,

serta reproduksi), menyebabkan terjadinya perubahan morfologi, dan merubah tingkah laku organisme (Bryan, 1976).

Penentuan status tingkat pencemaran logam berat ditentukan menurut petunjuk baku mutu logam berat Pb pada Air berdasarkan ketetapan KMNLH No. 51 Tahun 2004.

Tabel 1. Standar Baku Mutu Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) di Air Laut

ELEMEN	KISARAN	STATUS	KETERANGAN
Pb	0,008 ppm	Tidak tercemar	KMNLH No. 51 Tahun 2004
	>0,008 ppm	Tercemar	

## 2. Proses Masuknya Logam Timbal dalam Tubuh Manusia dan efek Toksisitasnya

Logam timbal (Pb) yang masuk ke dalam tubuh manusia masuk melalui rantai makanan, inhalasi, maupun penetrasi melalui kulit. Timbal dalam bentuk anorganik dan organik memiliki toksitas yang sama pada manusia. Timbal dalam tubuh dapat menghambat aktivitas kerja enzim (Darmono, 1995).

Menurut Darmono (1995), timbal adalah logam toksik yang bersifat kumulatif sehingga mekanisme toksitasnya dibedakan menurut beberapa organ yang dipengaruhi, yaitu sebagai berikut :

- Sistem hemopoeitik: timbal akan menghambat sistem pembentukan hemoglobin sehingga menyebabkan anemia.
- Sistem saraf pusat dan tepi: dapat menyebabkan gangguan ensefalopati dan gejala gangguan saraf perifer.
- Sistem ginjal: dapat menyebabkan aminoasiduria, fosfaturia, glukosuria, nefropati, fibrosis dan atrofi glomerular.

- d. Sistem gastro-intestinal: dapat menyebabkan kolik dan konstipasi.
- e. Sistem kardiovaskular: menyebabkan peningkatan permeabilitas kapiler pembuluh darah.
- f. Sistem reproduksi: dapat menyebabkan kematian janin pada wanita dan hipospermi dan teratospermia.

### **C. Toksisitas Logam Berat Terhadap Ganggang *Gracilaria verrucosa***

Biota laut mempunyai kemampuan mengabsorpsi dan mengakumulasi logam berat yang berasal dari lingkungannya (Wood,1997). Akumulasi yang terjadi melalui proses biologis disebut bioakumulasi. Sifat akumulatif ini disebabkan karena kebutuhan biota laut terhadap unsur mikro. Beberapa logam yang bersifat esensial cenderung membentuk ikatan kompleks dengan bahan organik, demikian pula dengan logam toksik timbal (Pb) (Hutagalung,1984).

Daya toksisitas logam berat terhadap biota laut sangat bergantung pada spesies, umur, daya tahan, lokasi, dan kemampuan biota untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi. Toksisitas pada spesies biota dibedakan berdasarkan kriteria yaitu biota air, biota darat dan biota laboratorium. Sedangkan toksisitas menurut lokasi dibagi menurut kondisi tempat mereka hidup, yaitu daerah tercemar berat, sedang dan daerah non polusi.

Organisme perairan secara umum memiliki strategi dalam menghadapi kehadiran polutan logam berat. Laju penyerapan dan pengeluaran logam toksik oleh suatu organisme dari dalam tubuhnya akan mempengaruhi konsentrasi logam toksik dalam tubuh. Menurut Connell dan Miller (1995), laju perubahan konsentrasi logam toksik dalam tubuh organisme dapat terjadi dalam 3 proses, yaitu:

1. Penyerapan, dimana laju penyerapan lebih besar dari laju pengeluaran /ekskresi.

2. Keseimbangan, dimana laju penyerapan sama dengan laju pengeluaran /ekskresi.
3. Depurasi, dimana laju penyerapan lebih kecil dari laju pengeluaran/ekskresi. Untuk proses penyerapan dan keseimbangan, kontak antara organisme dan logam toksik yang terdapat di lingkungan masih terjadi. Sedangkan pada proses depurasi kontak antara organisme dan logam toksik di lingkungan berhenti.

Menurut hasil penelitian Yulianto, *et al.*, 2006, dapat diketahui bahwa *Gracilaria* memiliki efektivitas yang relatif tinggi dalam menyerap logam berat yang terdapat dalam suatu perairan. Hal ini memungkinkan untuk dapat diaplikasikan pada kegiatan budidaya perairan laut atau payau. Kemampuan daya serap *Gracilaria* tergantung pada ketersediaan (*availability*) logam toksik di perairan. Semakin tinggi ketersediaan logam toksik dalam perairan akan memacu tingginya proses penyerapan oleh tanaman *Gracilaria*. Namun demikian, *Gracilaria* memiliki batas toleransi dalam menghadapi kondisi perairan yang tercemar oleh logam toksik. Penyerapan (*absorption*) logam toksik dalam kondisi konsentrasi yang tinggi dan berjalan terus menerus, akan menyebabkan penurunan kemampuan penyerapan sebagai akibat menurunnya kondisi fisiologis tanaman yang diakibatkan oleh terjadinya gangguan metabolisme tubuh dan juga kemungkinan terjadinya kerusakan anatomi tanaman. Kondisi perairan yang tercemar logam toksik berkonsentrasi tinggi dan terjadi secara terus menerus dapat berakibat pada kematian ganggang, kecuali apabila ganggang dapat bebas dari lingkungan tercemar (*polluted water*) dan menemukan lingkungan yang bebas dari polutan (*unpolluted water*).

#### **D. Lokasi Pengambilan Rumput Laut *Gracilaria verrucosa***

##### **1. Dusun Puntondo, Kabupaten Takalar**

Secara administratif, Dusun Puntondo terletak di Teluk Laikang, Desa Laikang, Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar. Jarak Dusun Puntondo ke pusat kota Takalar  $\pm 27$  km. Kabupaten Takalar merupakan salah satu wilayah kabupaten di Provinsi Sulawesi Selatan yang terletak pada bagian selatan. Letak astronomis Kabupaten Takalar berada pada posisi  $5^{\circ} 3' - 5^{\circ} 38'$  Lintang Selatan (LS) dan  $119^{\circ} 22' - 119^{\circ} 39'$  Bujur Timur (BT), dengan luas wilayah kurang lebih  $566,51 \text{ Km}^2$ .

Teluk Laikang merupakan salah satu pusat budidaya rumput laut terbesar di Sulawesi Selatan. Di perairan Teluk Laikang dapat ditemukan beberapa spesies rumput laut seperti *Gracilaria*, *Ulva reticulata*, *Eucheuma cottonii*, *Gracilaria verrucosa*, *Padina*, *Sargassum*, dan *Turbinaria*. Potensi Teluk Laikang di bidang pembibitan rumput laut sudah sangat berkembang terbukti sejak tahun 2009 rumput laut yang bersifat komersial telah banyak di suplai oleh masyarakat ke berbagai wilayah seperti Majene, Bali, Pulau Seribu, Konawe, Bantaeng, dan berbagai daerah lainnya. Di perairan Teluk Laikang merupakan salah satu perairan yang cukup terlindungi dari pengaruh antropogenik. Teluk Laikang merupakan perairan yang tenang dan dangkal. Lokasi pengambilan sampel di dusun Puntondo, desa Laikang dilakukan di daerah tambak pada posisi  $119^{\circ} 29' 0.17''$  Bujur Timur (BT) dan  $5^{\circ} 35' 47.51''$  Lintang Selatan (LS). Lokasi pengambilan sampel *G. verrucosa* merupakan daerah budidaya rumput laut yang terletak sangat dekat dengan transportasi darat dan pemukiman warga. Pada lokasi sampling ini dibudidayakan dua spesies rumput laut dalam satu tambak yaitu makroalga jenis *Gracilaria verrucosa* dan *Caulerpa racemosa*.

## 2. Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros

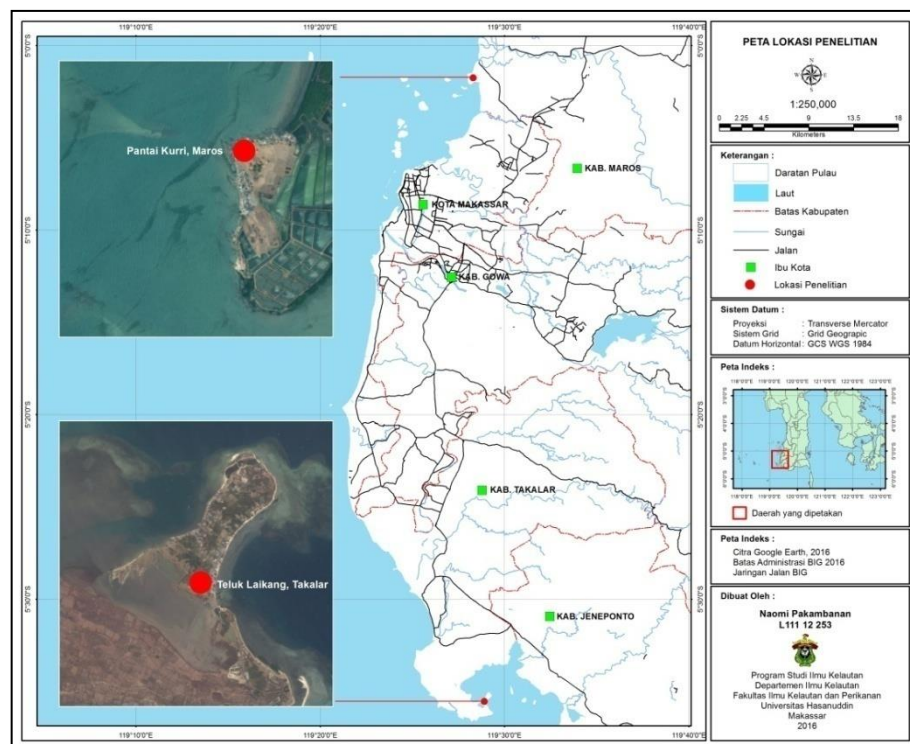
Pantai Kuri Ca'di terletak di Dusun Kuri Ca'di , Desa Nisombala, Kecamatan Marusu, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Kuri Ca'di merupakan salah satu dusun pesisir dari empat dusun yang terdapat di Desa Nisombalia, Kecamatan Marusu, Kabupaten Maros. Ketiga dusun lainnya adalah Dusun Tala-tala, Mambue dan Dusun Kuri Lompo yang dulunya merupakan satu dusun dengan Kuri Ca'di. Untuk menuju ke Dusun Kuri Ca'di dapat ditempuh dengan dua jalur yang pertama jalur darat, biasanya lewat pintu merah istilah untuk warga setempat yang terdapat di Dusun Kuri Lompo dengan kondisi jalan yang begitu bergelombang, berbatu, kadang becek, berlumpur, bahkan beberapa jalan harus menyeberangi jembatan. Jalur yang kedua adalah lewat laut. Untuk jalur ini dengan cara memesan kapal/perahu nelayan yang banyak berlabuh di Dusun Kuri Lompo. Untuk menggunakan jalur laut ini harus memperhatikan kondisi pasang surutnya air laut karena jika air laut berada dalam kondisi surut perjalanan tidak dapat dilanjutkan. Jalur ini biasanya ditempuh dengan waktu kurang lebih 10 menit perjalanan. Di lokasi ini banyak terdapat tambak terlantar yang dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai areal wisata untuk memancing ikan.

Lokasi pengambilan sampel di Pantai Kuri Ca'di dilakukan di laut terbuka pada posisi  $05^{\circ} 02' 601''$  Lintang Selatan (LS) dan  $119^{\circ} 28' 123''$  Bujur Timur (BT). Lokasi pengambilan sampel *G. verrucosa* merupakan laut terbuka dimana *G. verrucosa* tumbuh secara alami. Titik pengambilan sampel dari Pantai Kuri Ca'di berjarak sekitar  $\pm 2 \text{ km}^2$  arah pantai. Titik pengambilan sampel juga dekat dengan muara Sungai dan Dermaga Untia. Sekitar 1,5 km ke arah Timur Tenggara terdapat muara sungai Lantebung sedangkan jarak ke dermaga Untia sekitar  $\pm 1 \text{ km}$ .

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2016. Pengambilan sampel dilakukan di 2 (dua) lokasi. Lokasi pertama dilakukan di tambak Dusun Puntondo, Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar yang secara geografis terletak pada titik kordinat  $5^{\circ} 3' - 5^{\circ} 38'$  Lintang Selatan (LS) dan  $119^{\circ} 22' - 119^{\circ} 39'$  Bujur Timur (BT), dan lokasi kedua dilakukan di laut terbuka Perairan Pantai Kuri Ca'di, Dusun Kuri Ca'di, Desa Nisombala, Kecamatan Marusu, Kabupaten Maros yang secara geografis terletak pada titik kordinat  $05^{\circ} 02' 601''$  Lintang Selatan (LS) dan  $119^{\circ} 28' 123''$  Bujur Timur (BT) . Preparasi dan analisis sampel dilakukan di Laboratorium Kimia Makanan Ternak, Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin.



Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian

## B. Alat dan Bahan

Jenis peralatan yang digunakan dalam penelitian ini perahu motor untuk transportasi di lapangan, *coolbox* sebagai wadah untuk mengangkut sampel dari lapangan, kantong sampel untuk menampung sampel makroalga, botol sampel untuk menyimpan sampel air, termometer untuk mengukur suhu perairan, *handrefractometer* untuk mengukur salinitas, pH meter digital untuk mengukur pH air, botol *winkler* untuk menampung air dalam pengukuran kadar oksigen terlarut, rol meter untuk mengukur kedalaman perairan, GPS untuk pengambilan titik koordinat lokasi sampling. Kertas label/spidol untuk memberi tanda atau penamaan, pipet tetes untuk mengambil/memindahkan larutan atau bahan kimia, gelas ukur untuk mengukur volume air dalam jumlah tertentu, *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) untuk mengukur konsentrasi logam berat pada sampel *G. verrucosa* dan air, cawan porselin sebagai wadah sampel *G. verrucosa* yang akan ditanur, oven untuk mengeringkan sampel *G. verrucosa*, botol plastik untuk menampung larutan sampel yang siap dianalisis, pemanas listrik untuk memanaskan sampel air, labu ukur untuk menampung larutan sampel air dalam proses preparasi, tisu untuk mengelap atau membersihkan alat dan kamera untuk mengambil gambar/dokumentasi.

Bahan yang digunakan adalah sampel *G. verrucosa* dan sampel air laut,  $\text{MnSO}_4$ ,  $\text{NaOH}+\text{K}_1$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , Indikator Amilum,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , aquades dan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) kertas saring *whatman* ukuran 42, larutan standar logam Pb 1000 ppm, dan standar referensi bahan.



## **C. Prosedur Penelitian**

### **1. Persiapan**

Tahap persiapan dalam penelitian ini meliputi studi pustaka sebagai bahan referensi terkait topik penelitian dari berbagai sumber seperti jurnal hasil penelitian, buku dan artikel-artikel ilmiah serta melakukan konsultasi dengan pembimbing terkait dengan penelitian.

### **2. Penentuan stasiun**

Dari hasil survei, maka lokasi penelitian ditentukan berdasarkan letak perairan yang paling berdekatan dengan daratan dan merupakan tempat budidaya alga laut. Lokasi penelitian yang terpilih adalah Dusun Puntondo, Kabupaten Takalar dan Pantai Kuri Ca'di, Kecamatan Marusu, Kabupaten Maros. Pemilihan lokasi tersebut dilakukan untuk melihat perbandingan seberapa tinggi kandungan logam timbal (Pb) pada perairan dan makroalga *G. verrucosa* di dua tempat lokasi penelitian. Lokasi tempat pengambilan sampel ditentukan di 2 (dua) lokasi dengan mengambil sampel. Pengambilan sampel di lokasi I dilakukan pada areal budidaya rumput laut di Dusun Puntondo, Desa Laikang, Kabupaten Takalar dan lokasi ke II di Perairan Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros. Penentuan lokasi sampling ditentukan berdasarkan perbedaan lokasi tumbuh makroalga *G. verrucosa* baik yang tumbuh di areal budidaya maupun yang tumbuh alami di perairan laut.

### **3. Pengambilan Sampel makroalga dan air laut**

#### **a. Pengambilan sampel makroalga**

Pengambilan sampel makroalga dilakukan pada lima titik di masing masing lokasi. Pengambilan sampel makroalga dilakukan secara manual dengan mencabut *G. verrucosa* dari substrat menggunakan tangan dan dimasukkan ke dalam kantong sampel.

b. Pengambilan sampel air laut

Sampel air diambil di kolom air pada permukaan tempat tumbuhnya alga menggunakan botol plastik, selanjutnya dimasukkan ke dalam *coolbox*.

c. **Pengukuran Parameter Lingkungan**

Parameter lingkungan yang diukur pada saat melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

a. Salinitas

Pengukuran salinitas dilakukan dengan menggunakan *handrefractometer*. Prosedur pengukuran salinitas dilakukan dengan cara *handrefractometer* dibersihkan terlebih dahulu dengan tisu kemudian ditetaskan air sampel pada bagian kaca prisma, selanjutnya membaca skala pada *handrefractometer* dengan cara mengarahkan ke arah cahaya.

b. Suhu

Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan alat *thermometer*. Prosedur pengukuran suhu dilakukan dengan cara mencelupkan *thermometer* ke dalam kolom perairan selama beberapa detik kemudian membaca dan mencatat skalanya dengan pembacaan dilakukan secara vertikal.

c. Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen*)

Pengukuran oksigen terlarut dilakukan dengan menggunakan metode titrasi. Adapun langkah-langkah pengukuran DO dengan metode titrasi adalah sebagai berikut:

1. Sampel air laut dimasukkan ke dalam botol *Winkler*,
2. Menambahkan 2 ml mangan sulfat ( $\text{MnSO}_4$ ) dengan menggunakan pipet tetes, lalu menutup botol dan mengaduknya dengan cara membolak-balik botol sampel,

3. Menambahkan 2 ml NaOH + KI kemudian menutup botol dan membolak-balik hingga terbentuk endapan cokelat,
4. Menambahkan 2 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, kemudian ditutup dan membolak-balik botol hingga larutan sampel berwarna kuning tua,
5. Mengambil 100 ml air dari botol sampel, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer,
6. Selanjutnya, dititrasikan dengan Na-thiosulfat hingga terjadi perubahan warna dari kuning tua ke kuning muda,
7. Menambahkan 5 tetes indikator amilum hingga menjadi warna biru, kemudian melanjutkan titrasi dengan Na-thiosulfat hingga larutan sampel menjadi bening.

Rumus perhitungan DO:

$$DO = \frac{AxNx8x1000}{VcxVb/(Vb - 6)}$$

Keterangan:

DO = Kadar oksigen terlarut (ppm)

A = Volume titran larutan Natrium thiosulfat (ml)

N = Kenormalan larutan Natrium thiosulfat (0,025)

V<sub>c</sub> = Volume contoh (ml) = 100 ml

V<sub>b</sub> = Volume botol BOD = 300 ml

6 = Jumlah pereaksi yang digunakan (2 ml MnSO<sub>4</sub> + 2 ml NaOH+KI + 2 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

#### d. Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran derajat keasaman (pH) dilakukan dengan cara mengambil sampel air dari lapangan menggunakan botol sampel dan diukur di laboratorium

menggunakan pH meter yang sebelumnya telah dikalibrasi dengan akuades kemudian dicelupkan ke dalam botol sampel yang berisi air laut.

**d. Preparasi Sampel untuk Analisa Logam Berat**

**a. Preparasi sampel air laut**

Preparasi sampel mengacu pada Standar Nasional Indonesia 06-6989.8-2004 (BSN, 2009; Samawi, 2010), dengan langkah kerja sebagai berikut :

- 1) Memasukkan sampel air yang telah dikocok sebanyak 50 ml kemudian dimasukkan ke dalam gelas piala.
- 2) Menambahkan 5 ml asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ )
- 3) Memanaskan sampel air di atas pemanas listrik sampai tersisa 10 ml.
- 4) Menambahkan 40 ml aquades hingga volume mencapai volume 50 ml.
- 5) Menyimpan sampel ke dalam botol plastik dan siap untuk dianalisis menggunakan AAS.

**b. Preparasi sampel *Gracilaria verrucosa***

Preparasi sampel *G. verrucosa* dilakukan dengan tahapan sebagai berikut (Samawi dan Rahmadi, 2010):

- 1) Memasukkan sampel ke dalam oven untuk dikeringkan pada suhu  $50^\circ\text{C}$  selama 2 hari.
- 2) Menimbang sampel seberat 5 gram dan dimasukkan ke dalam cawan porselin kemudian dimasukkan ke dalam tanur sampai menjadi abu. Suhu yang digunakan adalah  $50^\circ\text{C}$  selama kurang lebih 24 jam.
- 3) Sampel yang sudah menjadi abu kemudian didinginkan di dalam ruang asam selama 10 menit kemudian ditambahkan asam nitrat pekat ( $\text{HNO}_3$ ) sebanyak 5 ml.

- 4) Setelah sampel didinginkan kemudian dilarutkan dalam aquades dan disaring menggunakan kertas saring whatman nomor 42 sebesar 50 ml.
- 5) Sampel disimpan dalam botol plastik dan siap untuk dianalisis menggunakan AAS.

**e. Pengukuran kadar logam Pb**

**a. Pembuatan larutan standar**

Larutan standar dibuat dengan mengambil 5 ml larutan standar yang berkonsentrasi Pb 100mg/L. Kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur yang berisi air distilasi dengan volume air 25 ml. Konsentrasi ini kemudian diencerkan kembali menjadi konsentrasi 0,1 mg/L; 0,2 mg/L; 0,3 mg/L; 0,4 mg/L; 0,5 mg/L dengan memakai mikropipet volume 5 ml.

**b. Prosedur pengukuran logam berat dengan AAS**

Prosedur pengoperasian AAS yaitu pertama lampu Dakota berongga dipasang sesuai dengan logam yang akan dianalisis. Kemudian, AAS dihubungkan dengan sumber arus, dan lampu dipanaskan sampai 10 menit. Api pembakar (*flame*) dinyalakan dengan bantuan asetilen. Intensitas api diatur hingga memberikan warna biru. Setelah itu, panjang gelombang diatur untuk memperoleh serapan maksimum setiap unsur. Posisi lampu juga diatur untuk memperoleh serapan maksimum. Aspirasi larutan blanko ke dalam nyala udara asetilen, penunjukan hasil bacaan pengukuran harus nol dengan menekan tombol nol. Secara berturut-turut konsentrasi larutan baku diaspirasi ke dalam AAS, dan dilanjutkan dengan larutan contoh. Hasil pengukuran serapan atom akan dicatat, kemudian dihitung untuk mendapat konsentrasi logam pada larutan (Baharuddin, 2013). Limit deteksi alat untuk logam Pb yaitu (0,006).

### c. Analisis Kadar Logam

Kadar (konsentrasi) logam pada larutan contoh dihitung dengan menggunakan kurva standar linier yang diplotkan dari 5 konsentrasi larutan baku dengan menggunakan penurunan rumus persamaan garis regresi dengan dasar :

$$X=(Y-b)/a$$

X = konsentrasi logam dalam larutan contoh

Y = nilai serapan atom

b = titik singgung garis kurva pada sumbu Y

a = slope (kecenderungan) garis kurva.

Konsentrasi logam berat pada *G. verrucosa* dihitung dengan mengkonversi konsentrasi logam berat pada larutan contoh ke konsentrasi pada sedimen. Konversi ini dilakukan dengan mengalikan konsentrasi pada larutan contoh dengan volume akhir larutan, kemudian dibagi dengan berat *G. verrucosa* contoh yang dipakai.

### f. Pengolahan dan Analisis Data

Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel. Untuk mengetahui *Bioconcentration Factor* (BCF) dihitung dengan menggunakan rumus (Van Esch, 1977) sebagai berikut:

$$BCF = \frac{C_{Gracilaria\ verrucosa}}{C_{Air}}$$

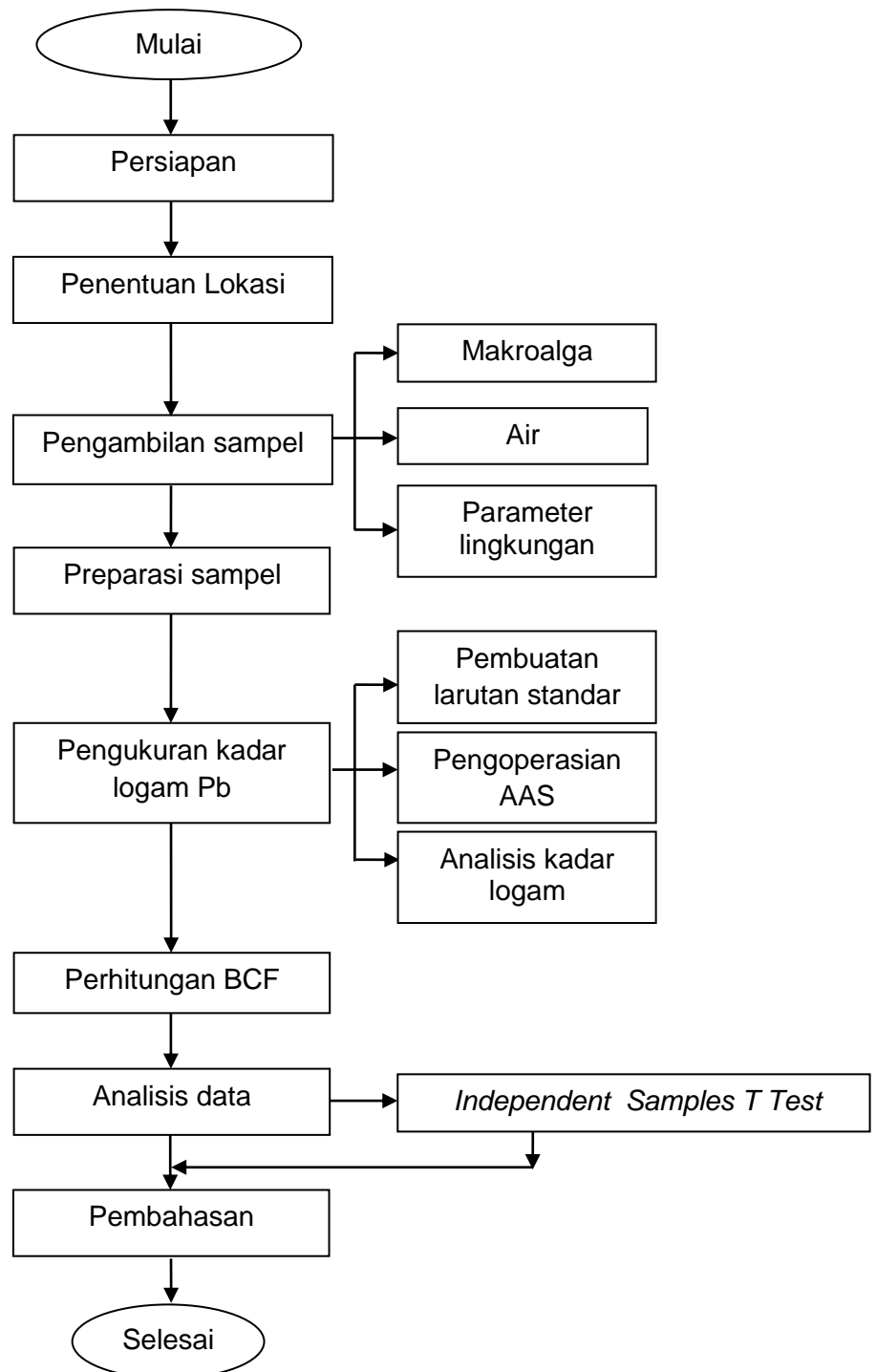
Keterangan:

BCF : Faktor biokonsentrasi

C *Gracilaria verrucosa* : Konsentrasi logam pada *G. verrucosa*

C Air : Konsentrasi logam pada air

Data konsentrasi logam Pb pada *G. verrucosa* dan sampel air di areal budidaya rumput laut Dusun Puntundo dan Perairan Pantai Kuri Ca'di serta Faktor Biokonsentrasi kedua lokasi penelitian dianalisis dengan *Independent Samples T Test* dengan menggunakan program SPSS versi 22.0.

**d. Diagram Alur Penelitian**

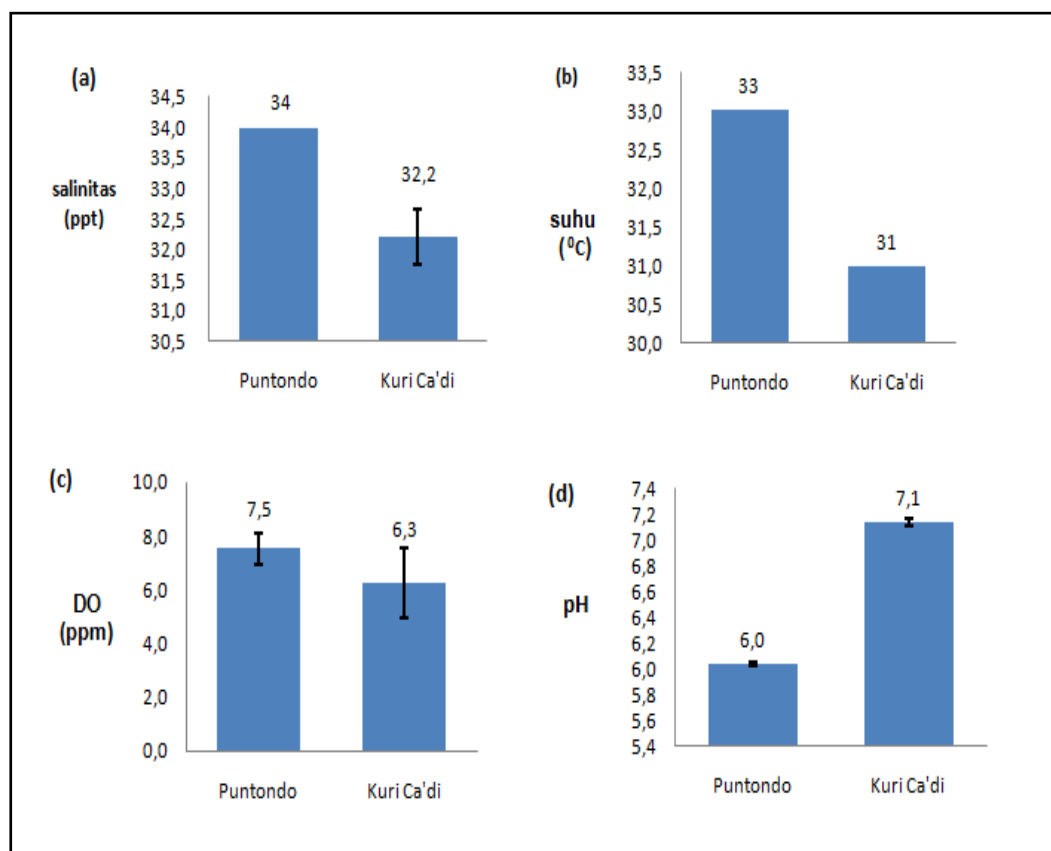
Gambar 4. Skema prosedur penelitian



#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Parameter Oseanografi

Parameter lingkungan sebagai data pendukung diukur untuk mendapatkan gambaran tentang kondisi oseanografi secara umum di lokasi penelitian. Hasil pengukuran parameter lingkungan pada kedua lokasi penelitian yaitu di Dusun Puntondo, Kabupaten Takalar dan di Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros (Gambar 5).



Gambar 5. Parameter oseanografi di lokasi penelitian

Hasil pengukuran salinitas pada setiap stasiun penelitian terlihat pada gambar 5 (a) areal budidaya rumput laut di Dusun Puntondo, Kabupaten Takalar diperoleh salinitas rata-rata sebesar 34 ppt dengan standar deviasi 0 sehingga salinitas di Dusun Puntondo tergolong homogen. Pada perairan Pantai Kuri

Ca'di, Maros nilai rata-rata salinitas yang diperoleh sebesar  $32 \pm 0,45$  ppt. Nilai kisaran salinitas pada kedua lokasi tersebut masih layak untuk pertumbuhan *G. verrucosa*, hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Trono (1974) bahwa *G. verrucosa* bersifat *eurihalin*, hidup dengan kisaran salinitas yang lebar dan mampu tumbuh di perairan payau. Pada musim kemarau, di perairan banyak terjadi evaporasi sehingga mampu menaikkan salinitas sampai 35 per mil dan saat musim hujan atau basah mampu menurunkan salinitas sampai 8 per mil, yang masih memungkinkan *G. verrucosa* hidup dan tumbuh.

Hasil pengukuran suhu pada setiap stasiun penelitian terlihat pada gambar 5 (b) yaitu pada areal budidaya rumput laut di Dusun Puntondo diperoleh nilai rata-rata suhu sebesar  $33^{\circ}\text{C}$  dengan standar deviasi 0 sedangkan suhu di Perairan Pantai Kuri Ca'di) diperoleh nilai rata-rata sebesar  $31^{\circ}\text{C}$  dengan standar deviasi 0. Suhu di areal budidaya rumput laut di Dusun Puntondo dan di Perairan Pantai Kuri Ca'di tergolong homogen

Pengukuran suhu di perairan Dusun Puntondo, Kabupaten Takalar dan Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros berkisar antara  $31^{\circ}\text{C}$ - $33^{\circ}\text{C}$ . Menurut Ismail, *et al.*, (2002) rumput laut memerlukan sinar matahari untuk proses fotosintesis, karena itu rumput laut hanya dapat tumbuh pada perairan dengan kedalaman tertentu dimana sinar matahari dapat sampai ke dasar perairan. Puncak laju fotosintesis terjadi pada intensitas cahaya yang tinggi dengan temperatur antara  $20$ - $28^{\circ}\text{C}$ , namun masih ditemukan tumbuh pada temperatur  $31^{\circ}\text{C}$ . Hal ini menunjukkan, suhu di perairan Dusun Puntondo dan Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros tergolong cukup tinggi pada saat dilakukan penelitian. Suhu merupakan faktor lingkungan yang sangat berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan dan perkembangan *G. verrucosa* karena akan berpengaruh langsung terhadap proses metabolisme. Suhu yang terlalu tinggi akan

menyebabkan pertumbuhan *G. verrucosa* menjadi lambat akibat menurunnya kerja enzim (degradasi enzim) (Hanafi, 2007).

Hasil pengukuran DO pada setiap stasiun penelitian terlihat pada gambar 5 (c) di Dusun Puntundo, Kabupaten Takalar diperoleh nilai rata-rata kandungan oksigen terlarut sebesar  $7,5 \pm 0,64$  ppm sedangkan di perairan Pantai Kuri Ca'di diperoleh nilai rata-rata kandungan oksigen terlarut sebesar  $6,25 \pm 1,30$  ppm.

Hasil pengukuran kandungan oksigen terlarut (DO) pada areal budidaya rumput laut di Dusun Puntundo dan di perairan Pantai Kuri Ca'di berkisar antara 6,25-7,77 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi perairan di areal budidaya rumput laut Dusun Puntundo dan di Perairan Pantai Kuri Ca'di, Maros termasuk dalam kategori tidak tercemar. Menurut Ardi (2002), indikator pencemaran berdasarkan kadar oksigen terlarut diklasifikasikan yaitu: tidak tercemar ( $\geq 6,5$  mg/l), tercemar sedang (4,5-6,5 mg/l) dan tercemar berat ( $< 2,0$  mg/l). Kandungan oksigen terlarut pada lokasi penelitian tergolong tinggi. Hal ini dapat dikarenakan penelitian dilakukan pada pagi menjelang siang hari dimana pada waktu-waktu tersebut terjadi proses fotosintesis sehingga menyebabkan adanya penambahan oksigen melalui proses fotosintetis dan pertukaran gas antara air dan udara yang menyebabkan kadar oksigen terlarut relatif lebih tinggi (Andara, *et al.*, 2014).

Nilai rata-rata pH air pada setiap stasiun penelitian yaitu di Dusun Puntundo diperoleh nilai rata-rata sebesar  $6,04 \pm 0,01$  ppm sedangkan di Perairan Pantai Kuri Ca'di diperoleh nilai rata-rata sebesar  $7,14 \pm 0,03$  ppm dapat dilihat pada gambar 5 (d).

Derajat keasaman (pH) merupakan gambaran jumlah atau aktivitas ion hidrogen dalam perairan. Derajat keasaman merupakan salah satu parameter penting dalam suatu perairan karena mengontrol tipe dan laju kecepatan reaksi

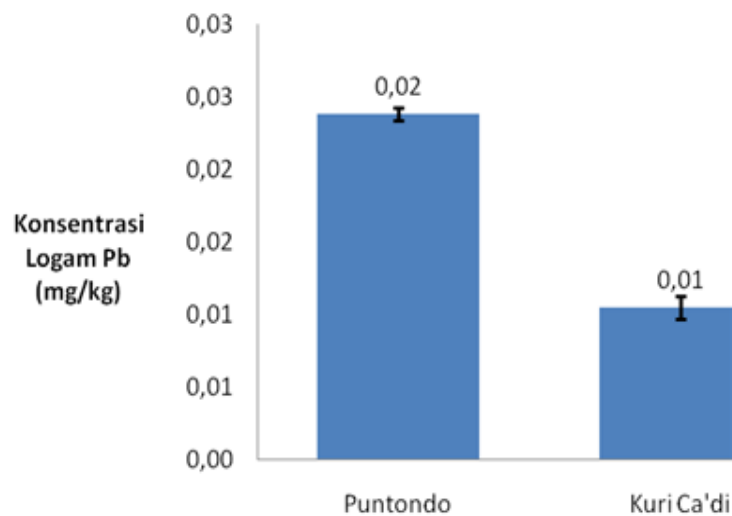
beberapa bahan dalam air. Perairan dengan nilai  $\text{pH}=7$  adalah netral,  $\text{pH}<7$  dikatakan kondisi perairan bersifat asam, sedangkan  $\text{pH}>7$  dikatakan kondisi perairan bersifat basa (Effendi, 2003).

Derajat keasaman dalam sistem perairan merupakan suatu variabel yang sangat penting karena mampu mempengaruhi konsentrasi logam berat di perairan. Kenaikan pH pada badan perairan biasanya akan diikuti dengan semakin kecilnya kelarutan dari senyawa-senyawa logam. Tingginya nilai pH dipengaruhi oleh kandungan oksigen yang berasal dari proses fotosintesis sehingga dapat mempengaruhi nilai pH di perairan. Dari hasil pengukuran pH di perairan Dusun Puntundo diperoleh nilai rata-rata pH sebesar  $6,04 \pm 0,01$  sehingga dikategorikan dalam keadaan asam dan di perairan Pantai Kuri Ca'di diperoleh nilai rata-rata sebesar  $7,14 \pm 0,028$ . Dari nilai tersebut dapat dikategorikan dalam keadaan basa.

## **B. Kandungan logam Pb pada *G. verrucosa*, Air dan Faktor Biokonsentrasi (BCF)**

### **1. Konsentrasi logam Pb pada *G. verrucosa***

Nilai rata-rata kandungan logam Pb pada *G. verrucosa* di areal budidaya rumput laut Dusun Puntundo, Kabupaten Takalar sebesar 0,024 sedangkan di perairan Pantai Kuri Ca'di diperoleh nilai rata-rata sebesar  $0,010 \pm 0,001$ .



Gambar 6. Nilai rata-rata faktor biokonsentrasi *G. verrucosa* terhadap logam Pb pada penelitian

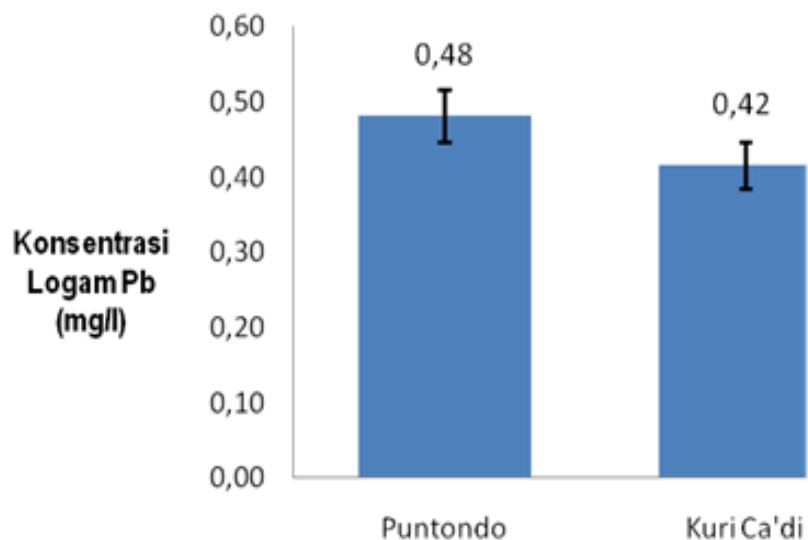
Berdasarkan hasil uji *Independent Samples T Test* nilai kandungan Pb pada *G. verrucosa* di areal budidaya rumput laut, Dusun Puntondo, Kabupaten Takalar dan di Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros terdapat perbedaan antara kedua lokasi penelitian ( $P < 0,05$ ). Kandungan logam Pb tertinggi ditemukan pada lokasi areal budidaya rumput laut di Dusun Puntondo, hal ini terjadi karena lokasi ini merupakan perairan tambak yang tertutup, yang terletak di daratan utama Desa Laikang yang berdekatan dengan pemukiman warga dan bersampingan dengan jalur transportasi darat sehingga peluang masuknya logam Pb pada lokasi ini cenderung tinggi. Disamping itu dengan lokasi yang tertutup menyebabkan bahan pencemar yang ada di perairan tidak dapat mengalami pengenceran seperti di laut sehingga bahan pencemar yang ada akan mudah terakumulasi dibandingkan dengan lokasi yang ada di pantai Kuri Ca'di yang merupakan perairan laut terbuka sehingga proses pengenceran lebih besar.

Dari hasil analisis kandungan logam Pb pada *G. verrucosa* yang dibudidayakan di Dusun Puntondo, desa Laikang, Kabupaten Takalar dan di

Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros masih tergolong rendah dan masih aman dikonsumsi. Hal ini berdasarkan Peraturan Badan Standardisasi Nasional Tahun 2009, batas maksimum cemaran logam Timbal (Pb) dalam pangan sebesar 0,5 mg/kg.

## 2. Konsentrasi logam Pb pada air laut

Nilai rata-rata kandungan Pb pada lokasi tambak di Dusun Puntondo, Desa Laikang, Kabupaten Takalar diperoleh nilai rata-rata sebesar  $0,48 \pm 0,034$  ppm sedangkan di lokasi kedua yaitu Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros diperoleh nilai rata-rata sebesar  $0,42 \pm 0,030$  ppm (Gambar 7).



Gambar 7. Nilai rata-rata kandungan logam Pb pada air laut pada stasiun penelitian

Berdasarkan *Uji Independent Samples T Test* diperoleh perbedaan antara kedua lokasi penelitian ( $P < 0,05$ ). Pada kedua lokasi yaitu di Dusun Puntondo, Kabupaten Takalar dan di Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros, kandungan logam Pb tertinggi terdapat pada lokasi tambak di Dusun Puntondo, Desa Laikang. Lokasi tempat budidaya merupakan daerah yang

tertutup dan merupakan bagian dari laut tetapi ditimbun menyerupai pematang sehingga sirkulasi air yang masuk ke dalam tambak tersebut tidak lancar namun pengaruh dari laut masih ada.

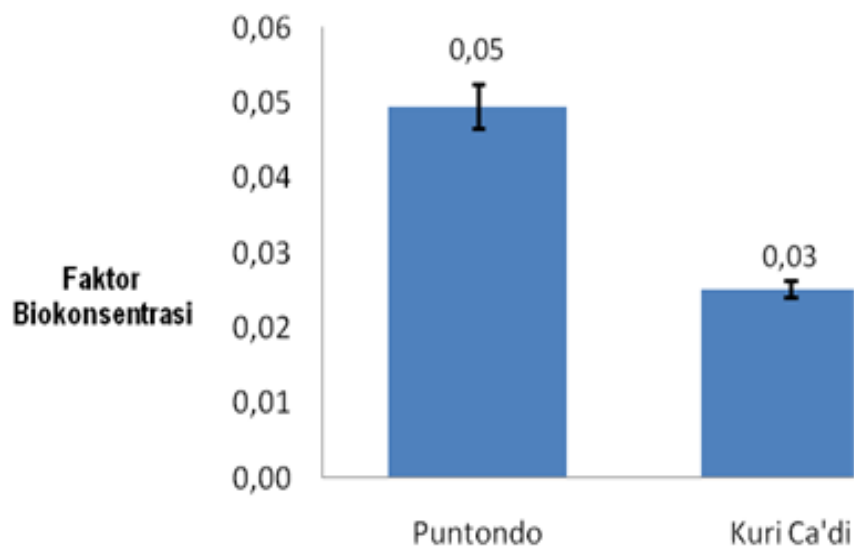
Beberapa parameter oseanografi yang mempengaruhi kelarutan logam dalam perairan seperti pH, suhu, DO dan salinitas. Apabila pH suatu perairan tinggi maka kelarutan logam tidak terlalu meningkat sebaliknya apabila derajat keasaman suatu perairan rendah maka kelarutan logam meningkat (Palar, 2004). Pengaruh suhu terhadap sensitifitas organisme perairan ikut mempengaruhi proses penyerapan logam berat oleh makroalga (Effendi, 2003). Kelarutan logam berat sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen terlarut. Pada daerah dengan kandungan oksigen yang rendah, daya larutnya lebih rendah sehingga mudah mengendap. Jika suatu perairan mengandung zat pencemar, maka nilai oksigen yang terlarut akan turun, dikarenakan oksigen yang terlarut digunakan oleh bakteri untuk menguraikan zat pencemar tersebut (Darmono, 1995). Pada salinitas yang tinggi, kation alkali dan alkalin bersaing untuk mendapatkan tempat pada partikel padat dengan cara mengganti ion-ion logam berat yang telah diserap oleh partikel tersebut sehingga ion-ion logam berat akan lepas ke perairan artinya bahwa pada salinitas yang tinggi toksisitas logam berat akan rendah (Mance, 1990) sebaliknya penurunan salinitas pada perairan dapat menyebabkan tingkat akumulasi logam berat pada organisme menjadi semakin besar (Mukhtasor, 2007).

Dari hasil analisis kandungan logam Pb pada air terlihat bahwa kandungan pada air laut di kedua lokasi termasuk dalam kategori telah tercemar. Hal ini berdasarkan pada peraturan Kementerian Negara

Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 tentang baku mutu logam Pb untuk biota laut di perairan ditetapkan sebesar 0,008 mg/l.

### 3. Faktor Biokonsentrasi

Nilai rata-rata faktor biokonsentrasi (BCF) *Gracilaria verrucosa* pada kedua lokasi penelitian yaitu di Dusun Puntondo, desa Laikang, Kabupaten Takalar diperoleh sebesar  $0,05 \pm 0,003$  sedangkan nilai rata-rata di lokasi pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros diperoleh  $0,03 \pm 0,001$ .



Gambar 8. Nilai rata-rata faktor biokonsentrasi *G. verrucosa* terhadap logam Pb pada stasiun penelitian

Hasil perhitungan BCF menunjukkan nilai BCF  $<1$ , hal ini memperlihatkan bahwa kandungan logam Pb pada makroalga jauh lebih rendah dibandingkan dengan kandungan logam Pb pada air ( $p < 0,05$ ). Menurut hasil penelitian Yulianto, *et al.*, 2006, *Gracilaria* memiliki efektivitas yang relatif tinggi dalam menyerap logam berat yang terdapat dalam suatu perairan. Rendahnya kandungan logam Pb pada thallus *G. verrucosa* diduga terjadi karena di dalam lokasi tambak terdapat dua jenis makroalga yang dapat menyebabkan kompetisi dalam proses penyerapan logam Pb di



kolom perairan. Laju penyerapan logam Pb oleh *G. verrucosa* di perairan Dusun Puntondo dan Pantai Kuri Ca'di tidak maksimal, kemungkinan disebabkan oleh berbagai faktor seperti parameter oseanografi atau konsentrasi logam Pb yang ada di perairan tidak terlalu tinggi. Hal ini berdasarkan penelitian Waldichuk *dalam* Silalahi (2014) menyatakan bahwa faktor yang mempengaruhi tingkat akumulasi logam berat adalah jenis logam berat, jenis atau ukuran organisme, lama pemaparan, serta kondisi lingkungan perairan seperti suhu, pH dan salinitas. Selain itu, keberadaan konsentrasi Pb di yang kecil dibandingkan dengan yang ada di perairan ( $BCF < 1$ ) dapat disebabkan oleh proses *exclusion* (pengecualian). Dalam merespon keberadaan elemen non esensial dalam lingkungan, tumbuhan, dalam hal ini *Gracilaria*, dapat melakukan proses pengecualian (*exclude*) atau menyimpan dan merubah ke bentuk lain (*sequester*) untuk meminimalkan dampak toksisitasnya (Xia, *et al.*, 2014).

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

1. Nilai rata-rata konsentrasi logam Pb pada *Gracilaria verrucosa* yang tumbuh di perairan Dusun Puntondo, Teluk Laikang lebih tinggi ( $p < 0,05$ ) sebesar 0,24 ppm dibandingkan dengan kandungan logam Pb pada *Gracilaria verrucosa* yang tumbuh di Perairan Pantai Kuri Ca'di, Maros sebesar 0,10 ppm.
2. Nilai rata-rata faktor biokonsentrasi logam Pb oleh *Gracilaria verrucosa* di Dusun Puntondo, Desa Laikang, Kabupaten Takalar lebih tinggi ( $p < 0,05$ ) sebesar 0,050 dibandingkan dengan Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros sebesar 0,025
3. *G. verrucosa* yang dibudidayakan di Dusun Puntondo dan yang tumbuh alami di Pantai Kuri Ca'di masih aman untuk dikonsumsi. Hal ini berdasarkan Peraturan Badan Standardisasi Nasional Tahun 2009, batas maksimum cemaran logam Timbal (Pb) dalam pangan sebesar 0,5 mg/kg.

### B. Saran

1. Perlu dilakukan pengukuran konsentrasi logam secara periodik pada lokasi budidaya agar status keamanan pangan dari *G. verrucosa* dapat diketahui.
2. Harus tetap waspada dalam memanfaatkan *G. verrucosa* sebagai bahan penghasil gel agar dalam produksi agar karena makroalga ini memiliki kemampuan dalam menyerap logam berat yang masuk ke dalam perairan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto dan Liviawati, 1993. *Budidaya Rumput Laut dan Cara Pengolahannya*. Penerbit Bharata. Jakarta.
- Andara, D. R., Suryanto, A., 2014. *Kandungan Total Padatan Tersuspensi, Biochemical Oxygen Demand Dan Chemical Oxygen Demand Serta Indeks Pencemaran Sungai Klampisan Di Kawasan Industri Candi, Semarang*. Management of Aquatic Resources Journal.Semarang
- Anggadiredja.J.Irawati, S. dan Kusmiyati, 2006. *Rumput Laut : Pembudidayaan, Pengolahan, dan Pemasaran Komoditas Perikanan Potensial*. PenerbitPenebar Swadaya, Jakarta.
- Ardi. 2002. *Pemanfaatan Makrozoobentos Sebagai Indikator Kualitas Perairan Pesisir*. Tesis PSIPB. Bogor
- Baharuddin, S. B. 2013. *Perbandingan Kontaminasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Alga jenis Caulerpa racemosa di Pulau Lae-Lae, Pulau Bonebatang dan Pulau Badi*. Skripsi Penelitian. Jurusan Ilmu Kelautan dan Perikanan. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Bold, H.C. and Wynne, M.J., 1978. *Introduction to The Alga*. Prentinne, Hall, Incn EngewoodCliffs. New Jersey.
- Bryan, G.W.1976. *Some aspects heavy metal tolerance in aquatic organism*. In :A. P. M.LOCKWOOD (ed.) *Effects of polltitants on aquatic organisms*. Combridge Sverdrup
- Clark, R. B. 1986. *Marine Pollution*. Clarendon Press. Oxford
- Connel, D. W. dan Miller, G. J. 1995. *Kimia dan Otoksikologi Pencemaran*. Cetakan Pertama. Universitas Indonesia: Jakarta
- Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. UI Press. Jakarta.
- Dawes, C.J., 1981. *Marine Botany*. John Wiley & Son University of South Florida New York. South Florida New York
- Departemen Kelautan dan Perikanan. 2005. *Profil Rumput Laut Indonesia*. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. Jakarta
- Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Selatan. 2007. *Laporan Statistik Perikanan Sulawesi Selatan*. Makassar
- Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. 2009. *Profil Rumput Laut Indonesia*. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta
- Effendi, H. 2003.*Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Cetakan Kelima. Kanisius. Yogyakarta.

- Erlangga. 2007. *Efek Pencemaran Perairan Sungai Kampar di Provinsi Riau Terhadap Ikan Baung (Hemibagrus nemurus)*. Thesis. Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Flora, S.J.S Mittal, M, and Mehta , A, 2008. *Heavy Metal induced Oxidative Stress & its possible Reversal by chelation therapy*. Indian
- Hanafi, A. 2007. Teknik *Produksi Anggur Laut (Caulerpa racemosa)*, Prosiding Simposium Nasional Hasil riset Kelautan dan Perikanan. Jakarta: LIPI.
- Harahap, S. 1991. *Tingkat Pencemaran Air Kali Cakung Ditinjau dari Sifat Fisika Kimia Khususnya Logam Berat dan Keanekaragaman Jenis Hewan Benthos Makro*. Thesis. Program Pasca Sarjana. IPB. Bogor.
- Hutagalung, H.P. 1984. *Logam Berat Dalam Lingkungan Laut*. *Pewarta Oceana* IX No. 1. Hal 12-19
- Hutagalung.H. P.1991. *Pencemaran Laut oleh Logam Berat. Dalam Status Pencemaran Laut di Indonesiadan Teknik Pemantauannya*. P30-LIPI. Jakarta
- Hutagalung, H.P., D., dan S.H. Riyono. 1997. *Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota*. Buku 2.P3O-LIPI. Jakarta.
- Ismail, W. dan Pratiwi, E. 2002. *Budidaya Laut Menurut Tipe Perairan*. *Warta Penelitian Perikanan Indonesia*. Pusat Riset Perikanan Budidaya. Jakarta.
- Jamal, B. 2014. Analisis *Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pendapatan Nelayan*. *Jurnal Ilmiah*. Universitas Brawijaya. Malang
- Kementerian Lingkungan Hidup (2004). *Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 51*. Jakarta. 10 hlm.
- Lepp, N.W. 1981. *Effect of Heavy Metal Pollution on Plant*. *Journal of Applications Science*. 1: 99 – 121.
- Mance, G. 1990. *Pollution Threat of Heavy Metals in Aquatic Environment*. Page Bross Limited, London. 235 pp.
- Mukhtasor. 2007. *Pencemaran Pesisir dan Laut*. Cetakan Pertama. PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineke Cipta. Jakarta.
- Patrick. L. 2003. *Toxic metas and antioxidants, The role of antioxidant in Arsenic and cadmium toxicity*, *Arternative medicine review*.
- Razak, H. 1980 *Pengaruh Logam Berat Terhadap Lingkungan*, *pewarta Oseana*, lembaga oseanologi Nasioan- LIPI, Vol 2 hal 15 -19

- Rompas, R. M. 2010. Toksikologi Kelautan. PT Walaw Bengkulen. Jakarta Timur.
- Samawi, M. F., dan Rahmadi, T. 2010. *Analisis Potensi Sponge Laut Sebagai Bioakumulator Logam Berat Pb, Cd dan Cu dari Perairan Laut*. Proseding Seminar Nasional Tahunan VII Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan, Universitas Gadjah Mada
- Sudarmaji, J. Mucono., Corie, I. P. 2006. *Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. Jurnal Kesehatan Lingkungan, Vol. 2, No. 2, Januari 2006:129 -142. Bagian Kesehatan Lingkungan FKM Universitas Airlangga. Surabaya.
- Trono, G. C. 1974. *A Review of The Production Technologies of Tropical Species of Economic Seaweeds*. Technical Research Reports. Marine Science Institute, University of the Philippines. Philippines.
- Van Esch, G.J. 1977. *Aquatic Pollutant and Their Potential Ecological Effects*. InHutzinger, O., I.H. Van Lelyuccid and B.C.J. Zoetemen, ed. Aquatic Pollution : Transformation and Biological Effects, Procceding of the 2<sup>nd</sup>Int. Symp.on Aquatic Pollutans. Amsterdam. Pergamon Press, New York.1–12.
- Winarno, F.G., S. Fardiaz dan D. Fardiaz. 1980. *Pengantar Teknologi Pangan*. PT. Gramedia. Jakarta
- Winarno, F.G., 1990. *Tempe, Misteri Gizi dari Jawa, Info Pangan*. Teknologi Pangan dan Gizi, Fatameta, IPB, Bogor
- Wood, M.S. 1997. *Subtidal Ecology*. Edward Arnoldy Limited. Australia
- Xia, J.R.,J.Li,,J.Lu.,B. Chen. 2004. *Effects of Copper and Cadmium on Growth, Photosynthesis, and Pigment Content in Gracilaria lemaneiformis* [journal]. Marine Biology Institute, Shantou University. China
- Yulianto, B., Ario, R.,Triono, A. 2006. *Daya Serap Rumput Laut (Gracilaria sp) Terhadap Logam Berat Tembaga (CU) Sebagai Biofilter*. Jurusan Ilmu Kelautan FPIK Universitas Diponegoro. Semarang

L  
A  
M  
P  
I  
R  
A  
N

**Lampiran 1. Data Hasil Penelitian Di Perairan Dusun Puntondo, Kabupaten Takalar dan Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros**

Lokasi	Ulangan	SALINITAS (ppt)	SUHU (oC)	DO	pH	C. Glacillaria	C. Air	BCF
Dusun Puntondo (tambak)	1	34	33	7,84	6,03	0,023	0,423	0,054
Dusun Puntondo (tambak)	2	34	33	7,64	6,04	0,024	0,483	0,050
Dusun Puntondo (tambak)	3	34	33	7,86	6,06	0,024	0,498	0,048
Dusun Puntondo (tambak)	4	34	33	7,8	6,03	0,024	0,500	0,048
Dusun Puntondo (tambak)	5	34	33	6,5	6,04	0,024	0,508	0,047
	<b>Rata-Rata</b>	<b>34,00</b>	<b>33,00</b>	<b>7,45</b>	<b>6,04</b>	<b>0,02</b>	<b>0,48</b>	<b>0,05</b>
	<b>STDEV</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,64</b>	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>	<b>0,03</b>	<b>0,00</b>
Kuri Ca'di, Maros (Laut)	1	32	31	7,94	7,15	0,010	0,423	0,024
Kuri Ca'di, Maros (Laut)	2	32	31	6,57	7,16	0,010	0,395	0,025
Kuri Ca'di, Maros (Laut)	3	33	31	6,86	7,13	0,011	0,445	0,025
Kuri Ca'di, Maros (Laut)	4	32	31	5,00	7,09	0,010	0,375	0,026
Kuri Ca'di, Maros (Laut)	5	32	31	4,90	7,15	0,011	0,443	0,026
	<b>Rata-Rata</b>	<b>32,2</b>	<b>31,0</b>	<b>6,25</b>	<b>7,136</b>	<b>0,010</b>	<b>0,416</b>	<b>0,025</b>
	<b>STDEV</b>	<b>0,45</b>	<b>0,00</b>	<b>1,30</b>	<b>0,03</b>	<b>0,001</b>	<b>0,03</b>	<b>0,001</b>

Lampiran 2. Hasil uji *Independent Samples T Test* dari konsentrasi logam Pb pada *G. verrucosa*, air, BCF

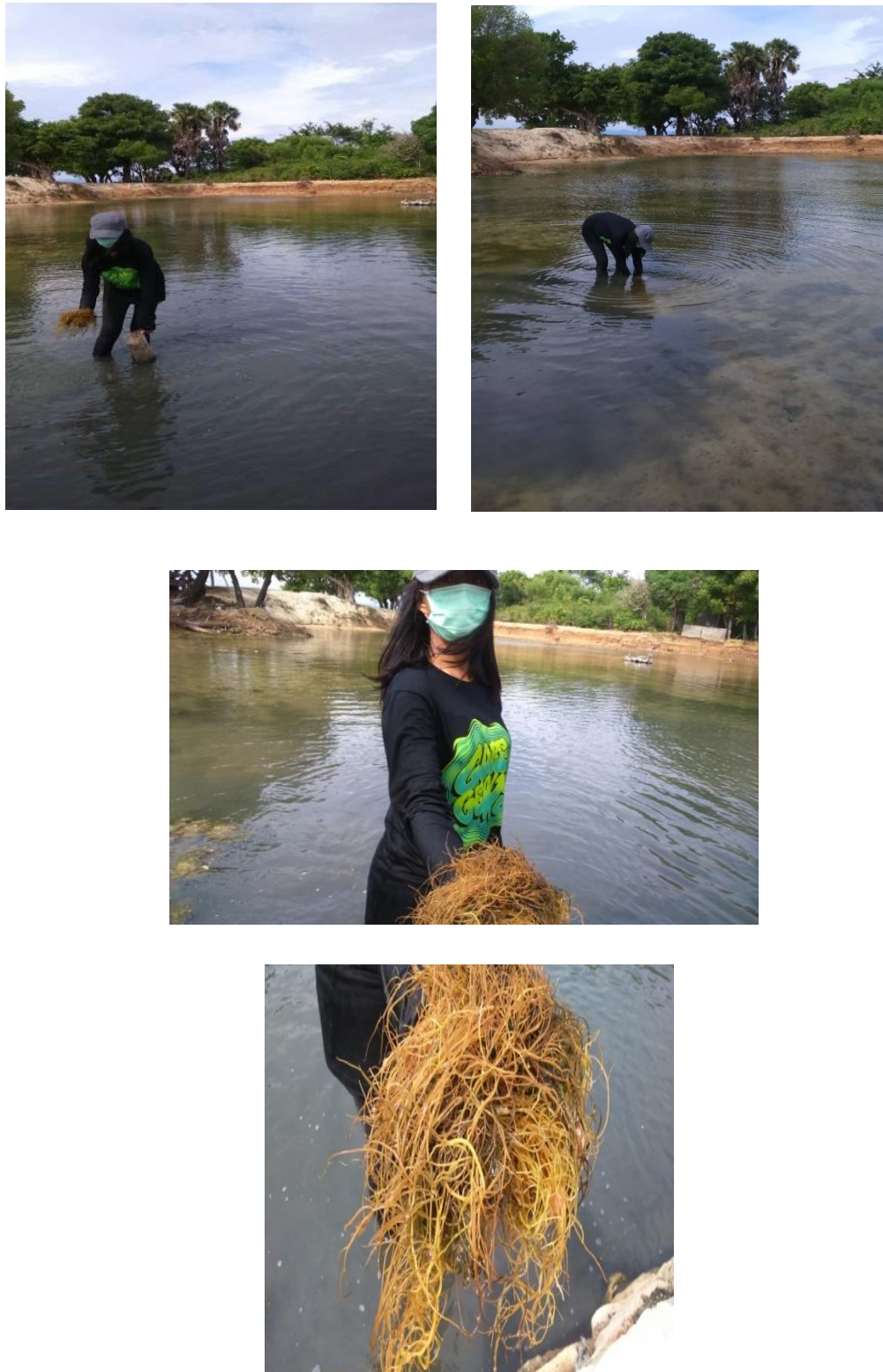
Group Statistics					
	Stasiun	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
C_ <i>Gracilaria</i>	Takalar	5	.02380	.000447	.000200
	Maros	5	.01040	.000548	.000245
C_Air	Takalar	5	.48240	.034414	.015390
	Maros	5	.41620	.030581	.013676
BCF	Takalar	5	.04940	.002793	.001249
	Maros	5	.02520	.000837	.000374



## Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	T	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
C_Gracilaria	Equal variances assumed	1.524	.252	42.375	8	.000	.013400	.000316	.012671	.014129
	Equal variances not assumed			42.375	7.692	.000	.013400	.000316	.012666	.014134
C_Air	Equal variances assumed	.011	.918	3.215	8	.012	.066200	.020589	.018722	.113678
	Equal variances not assumed			3.215	7.891	.013	.066200	.020589	.018608	.113792
BCF	Equal variances assumed	4.019	.080	18.561	8	.000	.024200	.001304	.021193	.027207
	Equal variances not assumed			18.561	4.712	.000	.024200	.001304	.020786	.027614

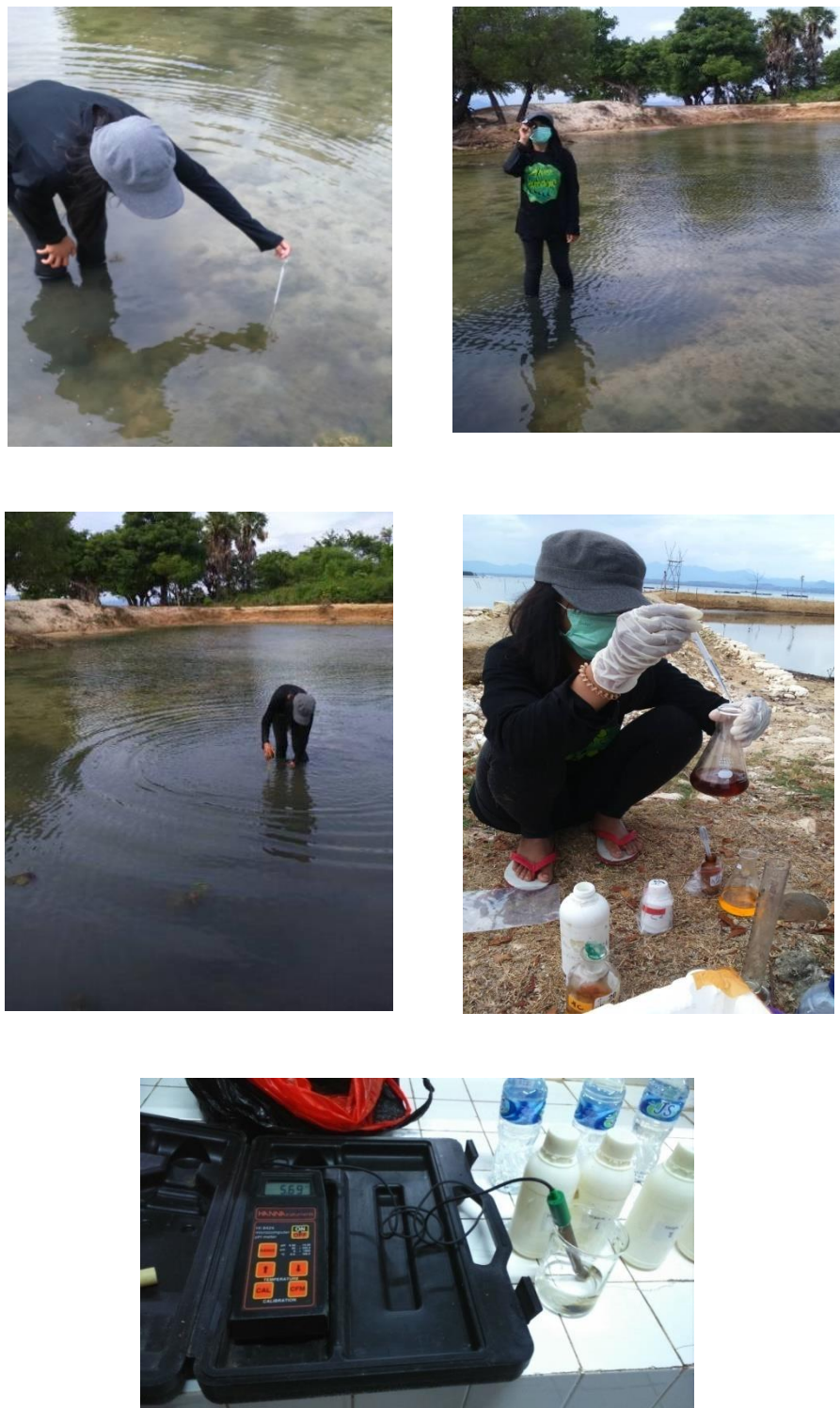
### Lampiran 3. Foto-Foto Pengambilan Sampel di Lapangan



Gambar 9. Pengambilan sampel makroalga *G. verrucosa* di areal tambak dusun Puntondo, Kabupaten Takalar

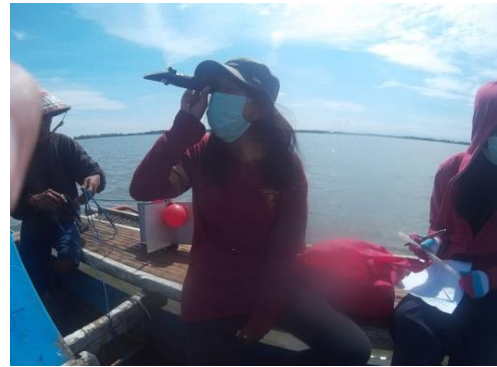


Gambar 10. Pengambilan sampel makroalga *G. verrucosa* di Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros



Gambar 11. Pengambilan data parameter lingkungan di Dusun Puntondo, Kabupaten Takalar





Gambar 12. Pengambilan data parameter lingkungan di Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros

#### Lampiran 4. Foto preparasi dan Analisis Sampel



Gambar 13. Preparasi sampel



Gambar 14. Analisis sampel air dan makroalga

**Lampiran 5. Standar baku mutu logam timbal (Pb) pada air laut menurut keputusan menteri lingkungan hidup nomor 51 tahun 2004**

No.	Parameter	Satuan	Baku mutu
20.	Kadmium (Cd)	mg/l	0,001
21.	Tembaga (Cu)	mg/l	0,008
22.	Timbal (Pb)	mg/l	0,008
23.	Seng (Zn)	mg/l	0,05
24.	Nikel (Ni)	mg/l	0,05
<b>BIOLOGI</b>			
1.	Coliform (total) <sup>a</sup>	MPN/100 ml	1000 <sup>(a)</sup>
2.	Patogen	sel/100 ml	nihil <sup>1</sup>
3.	Plankton	sel/100 ml	tidak bloom <sup>b</sup>
<b>RADIO NUKLIDA</b>			
1.	Komposisi yang tidak diketahui	Bq/l	4